

**Министерство науки и высшего образования РФ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Национальный исследовательский университет «МЭИ»**

Направление подготовки/специальность: 14.04.01 Ядерная энергетика и теплофизика

Наименование образовательной программы: Нанотехнологии и наноматериалы в энергетике

Уровень образования: высшее образование - магистратура

Форма обучения: Очная

**Оценочные материалы
по дисциплине
Исследование поверхности в условиях вакуума и низких температур**

**Москва
2022**

ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ РАЗРАБОТАЛ:

Преподаватель

(должность)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Лубенченко А.В.
	Идентификатор	R4e612482-LubenchenkoAV-ecf64b5

(подпись)

А.В.

Лубенченко

(расшифровка
подписи)

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель
образовательной
программы

(должность, ученая степень, ученое
звание)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Дмитриев А.С.
	Идентификатор	R8d0ce031-DmitriyevAS-aaaaeae29

(подпись)

А.С.

Дмитриев

(расшифровка
подписи)

Заведующий
выпускающей кафедры

(должность, ученая степень, ученое
звание)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Пузина Ю.Ю.
	Идентификатор	Re86e9a56-Puzina-4d2acad1

(подпись)

Ю.Ю.

Пузина

(расшифровка
подписи)

ОБЩАЯ ЧАСТЬ

Оценочные материалы по дисциплине предназначены для оценки: достижения обучающимися запланированных результатов обучения по дисциплине, этапа формирования запланированных компетенций и уровня освоения дисциплины.

Оценочные материалы по дисциплине включают оценочные средства для проведения мероприятий текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации.

Формируемые у обучающегося компетенции:

1. ПК-1 Способен анализировать и моделировать физические процессы в элементах энергетического оборудования

ИД-5 Знает методы определения параметров работы элементов энергетического оборудования и способен провести их оценку

и включает:

для текущего контроля успеваемости:

Форма реализации: Защита задания

1. Моделирование энергетических спектров фотоэлектронов от ультратонких металл-оксидных пленок (Расчетно-графическая работа)
2. Определение относительной концентрации элементов методом РФЭС (Расчетно-графическая работа)
3. Определение степени окисления поверхности и толщины окисленного слоя методом РФЭС (Расчетно-графическая работа)
4. Определения послойного состава и толщин многослойной ультратонкой пленки по рентгеновскому фотоэлектронному спектру (Расчетно-графическая работа)

Форма реализации: Письменная работа

1. Имитационное моделирование (Тестирование)
2. Методы анализа: микроскопия и спектроскопия поверхности (Тестирование)
3. Основные узлы сверхвысоковакуумных установок для анализа поверхности (Тестирование)
4. Структура и электронные свойства поверхности (Тестирование)

БРС дисциплины

1 семестр

Раздел дисциплины	Веса контрольных мероприятий, %				
	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4
	Срок КМ:	4	8	12	15
Основные узлы сверхвысоко-вакуумных аналитических установок					
Основные узлы сверхвысоко-вакуумных аналитических установок		+			
Методы анализа: микроскопия и спектроскопия поверхности					
Методы анализа: микроскопия и спектроскопия поверхности			+		

Физические явления, лежащие в основе методов анализа поверхности				
Физические явления, лежащие в основе методов анализа поверхности			+	
Послойный химический и фазовый анализ ультратонких и тонких пленок методами				
Послойный химический и фазовый анализ ультратонких и тонких пленок методами				+
Вес КМ:	20	20	30	30

2 семестр

Раздел дисциплины	Веса контрольных мероприятий, %				
	Индекс КМ:	КМ-5	КМ-6	КМ-7	КМ-8
	Срок КМ:	4	8	12	15
Микроскопические и спектроскопические методы анализа наноразмерных объектов					
Микроскопия.				+	
Спектроскопия.				+	
Строение и электронные свойства поверхности					
Кристаллическая структура твердого тела.	+				+
Тонкие пленки на поверхности твердого тела.	+				+
Применение имитационного моделирования при исследовании поверхности					
Молекулярная динамика.			+		+
Вес КМ:	20	30	20	30	30

\$Общая часть/Для промежуточной аттестации\$

СОДЕРЖАНИЕ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ

I. Оценочные средства для оценки запланированных результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с индикаторами достижения компетенций

Индекс компетенции	Индикатор	Запланированные результаты обучения по дисциплине	Контрольная точка
ПК-1	ИД-5ПК-1 Знает методы определения параметров работы элементов энергетического оборудования и способен провести их оценку	Знать: основные узлы сверхвысоковакуумных установок для анализа поверхности теоретические основы формирования электронных спектров структуру и электронные свойства реальной поверхности твёрдого тела основные понятия, закономерности и методы имитационного моделирования взаимодействия частиц с поверхностью Уметь: применять методы качественного и количественного анализа поверхности твердого тела проводить послойный химический и фазовый анализ ультратонких и	Основные узлы сверхвысоковакуумных установок для анализа поверхности (Тестирование) Методы анализа: микроскопия и спектроскопия поверхности (Тестирование) Определение относительной концентрации элементов методом РФЭС (Расчетно-графическая работа) Определение степени окисления поверхности и толщины окисленного слоя методом РФЭС (Расчетно-графическая работа) Структура и электронные свойства поверхности (Тестирование) Имитационное моделирование (Тестирование) Определения послойного состава и толщин многослойной ультратонкой пленки по рентгеновскому фотоэлектронному спектру (Расчетно-графическая работа) Моделирование энергетических спектров фотоэлектронов от ультратонких металл-оксидных пленок (Расчетно-графическая работа)

		тонких пленок методами РФЭС и ОС применять методы анализа наноразмерных объектов для определения структуры и их характерных размеров выполнять компьютерный эксперимент с помощью программ имитационного моделирования и проводить обработку и анализ результатов компьютерного эксперимента	
--	--	---	--

II. Содержание оценочных средств. Шкала и критерии оценивания

1 семестр

КМ-1. Основные узлы сверхвысоковакуумных установок для анализа поверхности

Формы реализации: Письменная работа

Тип контрольного мероприятия: Тестирование

Вес контрольного мероприятия в БРС: 20

Процедура проведения контрольного мероприятия: Тест

Краткое содержание задания:

Тест «Основные узлы сверхвысоковакуумных установок для анализа поверхности»

Контрольные вопросы/задания:

Знать: основные узлы сверхвысоковакуумных установок для анализа поверхности	1.Каковы характеристики различных степеней вакуума? 2.Какие способы получения вакуума вы знаете? 3.Какие параметры насосов вы знаете? 4.Какова принципиальная схема роторного форвакуумного насоса? 5.Какова принципиальная схема спирального форвакуумного насоса? 6.Какова принципиальная схема диффузионного высоковакуумного насоса? 7.Какова принципиальная схема турбомолекулярного высоковакуумного насоса? 8.Какова принципиальная схема геттеро-ионного высоковакуумного насоса? 9.Какие насосы не требуют форвакуумной откачки? 10.Какие параметры важны для вакуумных материалов? 11.Какие мановакууметры и манометры вы знаете? 12.Какие мановакууметры и манометры используют для измерения низкого и среднего вакуума? 13.Какие мановакууметры и манометры используют для измерения высокого вакуума? 14.Какие мановакууметры и манометры используют для измерения сверхвысокого вакуума? 15.Какие параметры измеряются с помощью масс-спектрометр? 16.Какие бывают типы анализаторов? 17.Каковы основные характеристики энергоанализаторов? 18.Какова принципиальная схема энергоанализатора с задерживающим полем (ЭЗП)? 19.Какие типы электростатических энергоанализаторов вы знаете? 20.Что такое разрешающая способность
---	--

	энергоанализатора? 21.Какова принципиальная схема анализатора цилиндрическое зеркало (АЦЗ)? 22.Какова принципиальная схема полусферического анализатора (ПСА)? 23.Для каких целей ставят перед ПСА электростатическую линзу? 24.Чем отличаются АЦЗ и ПСА? 25.Каким образом происходит фокусировка электронов в электростатической линзе? 26.Что такое увеличение и степень замедления электростатической линзы? 27.Чему равен инвариант Лагранжа-Гельмгольца для электростатической линзы? 28.Какие режимы работы детекторов частиц вы знаете? 29.Что такое вторичная эмиссия электронов? 30.Каким образом происходит усиление сигнала во вторичном электронном умножителе (ВЭУ)? 31.Какова принципиальная схема фотоэлектронного умножителя (ФЭУ)? 32.Чем отличаются фотодиод от ФЭУ? 33.Чем отличается канальный электронный умножитель от обычного ВЭУ? 34.Какова конструкция микроканальной пластины (МКП)? 35.Чем отличается канальный электронный умножитель от МКП? 36.Какова конструкция сцинтилляционного счетчика? 37.Приведите схему детектора Эверхарта-Торнли. Для каких целей служит этот детектор?
--	---

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5

Нижний порог выполнения задания в процентах: 70

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "отлично" выставляется если задание выполнено в полном объеме или выполнено преимущественно верно

Оценка: 4

Нижний порог выполнения задания в процентах: 60

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "хорошо" выставляется если большинство вопросов раскрыто. выбрано верное направление для решения задач

Оценка: 3

Нижний порог выполнения задания в процентах: 50

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "удовлетворительно" выставляется если задание преимущественно выполнено

КМ-2. Методы анализа: микроскопия и спектроскопия поверхности

Формы реализации: Письменная работа

Тип контрольного мероприятия: Тестирование

Вес контрольного мероприятия в БРС: 20

Процедура проведения контрольного мероприятия: Тест

Краткое содержание задания:

Тест «Методы анализа: микроскопия и спектроскопия поверхности»

Контрольные вопросы/задания:

Знать: теоретические основы формирования электронных спектров	1. Из каких элементов состоит рентгеновский фотоэлектронный спектрометр? 2. На каких принципах работает рентгеновский источник? 3. Какие фотоэлектронные процессы вы знаете? 4. Каким образом может быть определена энергия связи электрона из эксперимента? 5. Каким образом может быть определён элементный состав вещества? 6. Что означает $2\frac{3}{2}$? 7. Как влияет зарядка мишени на вид фотоэлектронного спектра? 8. Каким образом может быть определена относительная атомная концентрация элементов? 9. Для каких целей проводится процедура вычитания фона? 10. Чем обусловлен химический сдвиг? 11. Каким образом можно определить профиль распределения по глубине? 12. Какую информацию можно получить методом РФЭС с угловым разрешением? 13. Как зависит сечение рождения фотоэлектрона от угла? 14. Что такое магический угол? 15. Какова универсальная зависимости неупругой длины свободного пробега от энергии? 16. Каким образом можно описать вид пика упругорассеянных фотоэлектронов? 17. Каким образом можно интерпретировать фон в фотоэлектронных спектрах? 18. Из каких элементов состоит Оже-спектрометр? 19. Какие электронные процессы вы знаете? 20. Какие варианты Оже-процессов вы знаете? 21. Каким образом может быть определена энергия связи электрона из Оже-спектра? 22. Каким образом может быть определён элементный состав вещества? 23. Как зависит сечение ионизации от энергии электрона? 24. Какова глубина выхода Оже-электрона? 25. Какова универсальная зависимости неупругой длины свободного пробега от энергии? 26. От чего зависит форма Оже-электронных спектров? 27. Каким образом может быть определена
--	--

	относительная атомная концентрация элементов? 28.Какие характеристики вещества можно определить по положению Оже-пика? 29.Каким образом можно определить плотность вещества? 30.Каким образом можно провести локальный элементный анализ? 31.Каким образом можно определить профиль распределения по глубине? 32.Что такое микроскопия? Какие виды электронной микроскопии вы знаете? 33.Какие процессы будут идти при взаимодействии налетающих электронов с твёрдым телом? 34.Чем отличается ПЭМ от РЭМ? 35.Какие детекторы вторичных и отраженных электронов применяются в РЭМ? 36.Какова схема ПЭМ? 37.Какова схема РЭМ?
--	---

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5

Нижний порог выполнения задания в процентах: 70

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "отлично" выставляется если задание выполнено в полном объеме или выполнено преимущественно верно

Оценка: 4

Нижний порог выполнения задания в процентах: 60

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "хорошо" выставляется если большинство вопросов раскрыто. выбрано верное направление для решения задач

Оценка: 3

Нижний порог выполнения задания в процентах: 50

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "удовлетворительно" выставляется если задание преимущественно выполнено

КМ-3. Определение относительной концентрации элементов методом РФЭС

Формы реализации: Защита задания

Тип контрольного мероприятия: Расчетно-графическая работа

Вес контрольного мероприятия в БРС: 30

Процедура проведения контрольного мероприятия: Выполнение расчетного задания

Краткое содержание задания:

Элементный анализ поверхности твердого тела

Контрольные вопросы/задания:

Уметь: применять методы качественного и количественного анализа поверхности твердого тела	1.Определить элементный состав мишени по рентгеновскому фотоэлектронному спектру 2.Для спектральных фотоэлектронных линий, определённых в практическом задании №1, вычесть фон и рассчитать интенсивность фотоэлектронных пиков. 3.Используя результаты практических заданий №1 и
--	--

	№2, определить по фотоэлектронному спектру элементный состав мишени и относительные атомные концентрации этих элементов.
--	--

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5

Нижний порог выполнения задания в процентах: 70

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "отлично" выставляется если задание выполнено в полном объеме или выполнено преимущественно верно

Оценка: 4

Нижний порог выполнения задания в процентах: 60

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "хорошо" выставляется если большинство вопросов раскрыто. выбрано верное направление для решения задач

Оценка: 3

Нижний порог выполнения задания в процентах: 50

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "удовлетворительно" выставляется если задание преимущественно выполнено

КМ-4. Определение степени окисления поверхности и толщины окисленного слоя методом РФЭС

Формы реализации: Защита задания

Тип контрольного мероприятия: Расчетно-графическая работа

Вес контрольного мероприятия в БРС: 30

Процедура проведения контрольного мероприятия: Выполнение расчетного задания

Краткое содержание задания:

Определение толщины наноразмерной плёнки

Контрольные вопросы/задания:

Уметь: проводить послойный химический и фазовый анализ ультратонких и тонких пленок методами РФЭС и ОС	1.Используя результаты расчетного задания №1, определить толщину оксидного слоя.
--	--

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5

Нижний порог выполнения задания в процентах: 70

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "отлично" выставляется если задание выполнено в полном объеме или выполнено преимущественно верно

Оценка: 4

Нижний порог выполнения задания в процентах: 60

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "хорошо" выставляется если большинство вопросов раскрыто. выбрано верное направление для решения задач

Оценка: 3

Нижний порог выполнения задания в процентах: 50

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "удовлетворительно" выставляется если задание преимущественно выполнено

2 семестр

КМ-5. Структура и электронные свойства поверхности

Формы реализации: Письменная работа

Тип контрольного мероприятия: Тестирование

Вес контрольного мероприятия в БРС: 20

Процедура проведения контрольного мероприятия: Тест

Краткое содержание задания:

Тест «Структура и электронные свойства поверхности»

Контрольные вопросы/задания:

Знать: структуру и электронные свойства реальной поверхности твёрдого тела	1. Каковы пределы классического описания рассеяния заряженных частиц в твердом теле? 2. Что определяет кинематический фактор? 3. Чем отличаются спектроскопии обратного резерфордовского рассеяния пиков упругого рассеянных электронов и пиков упруго рассеянных электронов? 4. От каких параметров зависит угол рассеяния при столкновении двух частиц? 5. Каким образом найти расстояние наименьшего сближения при столкновении двух частиц? 6. Какие потенциалы взаимодействия вы знаете? 7. В чем состоят постулаты Бора? 8. Какими квантовыми числами описывается состояние электрона в атоме? 9. Как образуется π-связь? 10. Чем отличается статистика Бозе-Эйнштейна от статистики Ферми-Дирака? 11. Какую энергию называют энергией Ферми? 12. Какие виды связей атомов и молекул в конденсированных средах вы знаете? 13. Каким образом формируется энергетическая зона? 14. На чем основана зонная классификация твердых тел? 15. Какие характерные энергии зонной структуры полупроводника вы знаете? 16. На чем основана модель твердого тела, используемая при описании рассеяния заряженных частиц? 17. В чём заключается упругое и неупругое взаимодействие заряженных частиц с твердым телом? 18. Какие потери энергии возможны при неупругом рассеянии заряженных частиц в твердом теле? 19. Что такое сечение рассеяния? 20. Каков вероятностный смысл сечения рассеяния? 21. Какова связь между потенциалами и сечениями рассеяния? 22. Какие основные приближения для сечений
--	---

	рассеяний используют при теоретическом описании процесса рассеяния? 23.Что такое транспортное сечение? 24.Что такое средняя длина между двумя последовательными упругими рассеяниями? 25.Какие индикатрисы рассеяния вы знаете? 26.Что характеризует однократное альбедо? 27.Каково определение тормозной способности вещества? 28.Что такое страглинг? 29.Каково определение полного пробега?
--	--

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5

Нижний порог выполнения задания в процентах: 70

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "отлично" выставляется если задание выполнено в полном объеме или выполнено преимущественно верно

Оценка: 4

Нижний порог выполнения задания в процентах: 60

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "хорошо" выставляется если большинство вопросов раскрыто. выбрано верное направление для решения задач

Оценка: 3

Нижний порог выполнения задания в процентах: 50

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "удовлетворительно" выставляется если задание преимущественно выполнено

КМ-6. Имитационное моделирование

Формы реализации: Письменная работа

Тип контрольного мероприятия: Тестирование

Вес контрольного мероприятия в БРС: 30

Процедура проведения контрольного мероприятия: Тест

Краткое содержание задания:

Тест «Имитационное моделирование»

Контрольные вопросы/задания:

Знать: основные понятия, закономерности и методы имитационного моделирования взаимодействия частиц с поверхностью	1.Какие этапы включает в себя компьютерный эксперимент? 2.Чем отличается усреднение по ансамблю от усреднения вдоль траектории? 3.Какие ограничения КЭ вы знаете? 4.Что такое молекулярная динамика (МД)? 5.Что такое Моте-Карловское моделирование (МК)? 6.Какие этапы проведения математического исследования вы знаете? 7.На чем основана физическая модель взаимодействия N частиц? 8.Что такое одночастичная функция распределения? 9.Какие системы называют бесстолкновительными? 10.Какие модели частиц вы знаете?
---	---

	11.Что такое счетные частицы? 12.Чем отличается модель частица-сетка от модели частица-частица? 13.Каким образом можно учесть дальнodelствующиe силы в модели частица-частица — частица-сетка? 14.Какие схемы интегрирования уравнений Ньютона вы знаете? 15.Чем отличается скоростная модификация Верле от обычной схемы Верле? 16.Какие схемы называют неявными схемами? 17.Какие критерии помогают выбирать схемы интегрирования? 18.Каким условиям должна удовлетворять схема интегрирования? 19.Каким образом определяется порядок точности схемы интегрирования? 20.Для каких целей записывается уравнение эволюции погрешности? 21.При каком условии схема интегрирования по времени будет численно устойчивой? 22.Для каких схем интегрирования можно получить устойчивое решение уравнения гармонического осциллятора? 23.Для каких схем интегрирования можно получить устойчивое решение уравнения с вязкими силами? 24.Каким образом можно задать начальные условия в МД? 25.Какие граничные условия для систем с постоянным числом частиц вы знаете? 26.Для каких целей проводится процедура обезразмеривания уравнения Ньютона?
--	--

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5

Нижний порог выполнения задания в процентах: 70

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "отлично" выставляется если задание выполнено в полном объеме или выполнено преимущественно верно

Оценка: 4

Нижний порог выполнения задания в процентах: 60

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "хорошо" выставляется если большинство вопросов раскрыто. выбрано верное направление для решения задач

Оценка: 3

Нижний порог выполнения задания в процентах: 50

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "удовлетворительно" выставляется если задание преимущественно выполнено

КМ-7. Определения послойного состава и толщин многослойной ультратонкой пленки по рентгеновскому фотоэлектронному спектру

Формы реализации: Защита задания

Тип контрольного мероприятия: Расчетно-графическая работа

Вес контрольного мероприятия в БРС: 20

Процедура проведения контрольного мероприятия: Выполнение расчетного задания

Краткое содержание задания:

Послойный химический и фазовый анализ ультратонких металл-оксидных плёнок

Контрольные вопросы/задания:

Уметь: применять методы анализа наноразмерных объектов для определения структуры и их характерных размеров	1.Провести послойный химический и фазовый анализ ультратонких металл-оксидных плёнок.
--	---

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5

Нижний порог выполнения задания в процентах: 70

Описание характеристики выполнения задания: Оценка "отлично" выставляется если задание выполнено в полном объеме или выполнено преимущественно верно

Оценка: 4

Нижний порог выполнения задания в процентах: 60

Описание характеристики выполнения задания: Оценка "хорошо" выставляется если большинство вопросов раскрыто. выбрано верное направление для решения задач

Оценка: 3

Нижний порог выполнения задания в процентах: 50

Описание характеристики выполнения задания: Оценка "удовлетворительно" выставляется если задание преимущественно выполнено

КМ-8. Моделирование энергетических спектров фотоэлектронов от ультратонких металл-оксидных пленок

Формы реализации: Защита задания

Тип контрольного мероприятия: Расчетно-графическая работа

Вес контрольного мероприятия в БРС: 30

Процедура проведения контрольного мероприятия: Выполнение расчетного задания

Краткое содержание задания:

Моделирование энергетических спектров фотоэлектронов от ультратонких металл-оксидных пленок

Контрольные вопросы/задания:

Уметь: выполнять компьютерный эксперимент с помощью программ имитационного моделирования и проводить обработку и анализ результатов компьютерного эксперимента	1.Смоделировать энергетические спектры фотоэлектронов от двухслойной мишени (слой оксида металла толщиной d на металлической подложке) облучаемой рентгеновской монохромной пучкой с Mg анодом в интервале заданной спектральной линии.
--	---

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5

Нижний порог выполнения задания в процентах: 70

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "отлично" выставляется если задание выполнено в полном объеме или выполнено преимущественно верно

Оценка: 4

Нижний порог выполнения задания в процентах: 60

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "хорошо" выставляется если большинство вопросов раскрыто. выбрано верное направление для решения задач

Оценка: 3

Нижний порог выполнения задания в процентах: 50

Описание характеристики выполнения знания: Оценка "удовлетворительно" выставляется если задание преимущественно выполнено

СОДЕРЖАНИЕ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

1 семестр

Форма промежуточной аттестации: Экзамен

Пример билета

1. Электронная Оже-спектроскопия. Оже-спектрометр.
2. Процессы, идущие при взаимодействии налетающих частиц с твердым телом. Столкновение двух частиц.

Процедура проведения

Экзамен проводится по билетам и предполагает ответ студента на поставленные вопросы. К началу зачета с оценкой преподаватель подготавливает следующие документы: - экзаменационные билеты; - наглядные пособия, материалы справочного характера, нормативные документы и образцы техники, разрешенные к использованию на экзамене;

1. Перечень компетенций/индикаторов и контрольных вопросов проверки результатов освоения дисциплины

1. Компетенция/Индикатор: ИД-5_{ПК-1} Знает методы определения параметров работы элементов энергетического оборудования и способен провести их оценку

Вопросы, задания

- 1.Электронная Оже-спектроскопия. Оже-спектрометр.
- 2.Электронные Оже- процессы. Переход Костера-Кронига. Энергия Оже электронов. Соотношение выхода рентгеновской флюоресценции и электронной оже эмиссии.
- 3.Оже-спектр. Глубина анализа. Количественный анализ. Фактор элементной чувствительности. Форма Оже-электронных спектров.
- 4.Фазовый анализ. Определение плотности вещества с помощью Оже спектроскопии.
- 5.Теоретическая интерпретация Оже-пиков. Сечение ионизации. Применение принципа инвариантности для получения уравнения выхода Оже-электронов.
- 6.Применение Оже-электронной спектроскопии для: исследования нанообъектов, локального элементного анализа, получения профиля распределения.
- 7.Конструкционные элементы электронного микроскопа.
- 8.Просвечивающий электронный микроскоп (ПЭМ). Схема ПЭМ . Основные режимы работы.
- 9.Механизмы формирования контраста в ПЭМ. Требования к приготовлению образцов для ПЭМ.
- 10.Сканирующий (растровый) электронный микроскоп (РЭМ) . Схема РЭМ. Детекторы вторичных и отраженных электронов.
- 11.Методы РЭМ. Топография. Химический анализ. Структурный анализ.
- 12.Формирование контраста в РЭМ.
- 13.Фотоэлектронные спектры. Оже-спектры. Спектры упруго отраженных электронов. Спектры характеристических потерь энергии.
- 14.Процессы, идущие при взаимодействии налетающих частиц с твердым телом. Столкновение двух частиц.
- 15.Кинематика и динамика рассеяния. Потенциалы взаимодействия.
- 16.Состояние электрона в атоме. Квантовая статистика.
- 17.Основы физики конденсированного состояния. Схема формирования энергетических зон. Зонная классификация твердых тел.

18. Сечения рассеяния. Сечение Резерфорда. Связь между потенциалами и сечениями рассеяния.
19. Модель твердого тела. Основные приближения для сечений рассеяния.
20. Упругое сечение рассеяния заряженных частиц. Индикатриса рассеяния. Однократное альбедо. Транспортное сечение.
21. Неупругое сечение рассеяния заряженных частиц. Интегральные характеристики неупругого рассеяния.
22. Тормозная способность вещества. Формула Бете-Блоха. Правило Брэгга
23. Ионизация. Сечение ионизации.
24. Потери энергии на возбуждение плазменных колебаний. Плазмоны.

Материалы для проверки остаточных знаний

1. Каковы характеристики различных степеней вакуума?
2. Какие бывают типы анализаторов?
3. Какие параметры важны для вакуумных материалов?
4. Каковы основные характеристики энергоанализаторов?
5. Что такое разрешающая способность энергоанализатора?
6. Чем отличаются АЦЗ и ПСА?
7. Что такое вторичная эмиссия электронов?
8. Каким образом происходит усиление сигнала во вторичном электронном умножителе (ВЭУ)?
9. Какова конструкция микроканальной пластины (МКП)?
10. Какие системы разделения ионов вы знаете?
11. Какие виды электронных пушек вы знаете?
12. Какова схема устройства электронной пушки?
13. Какие типы рентгеновского излучения вы знаете?
14. Какие альтернативы рентгеновской трубке вы знаете?
15. На каких принципах работает рентгеновский источник?
16. Как влияет зарядка мишени на вид фотоэлектронного спектра?
17. Каким образом может быть определена относительная атомная концентрация элементов?
18. Чем обусловлен химический сдвиг?
19. Как зависит сечение рождения фотоэлектрона от угла?
20. Каким образом можно описать вид пика упругорассеянных фотоэлектронов?
21. Из каких элементов состоит Оже-спектрометр?
22. Какие варианты Оже-процессов вы знаете?
23. Как зависит сечение ионизации от энергии электрона?
24. Каким образом может быть определена относительная атомная концентрация элементов?
25. Каким образом можно определить плотность вещества?
26. Каким образом можно провести локальный элементный анализ?
27. Чем отличается ПЭМ от РЭМ?
28. Какие механизмы формирования контраста в ПЭМ вы знаете?
29. Какие механизмы формирования контраста в РЭМ вы знаете?
30. Как определяется коэффициент контраста?

II. Описание шкалы оценивания

Оценка: 5

Нижний порог выполнения задания в процентах: 70

Описание характеристики выполнения знания: Работа выполнена в рамках "продвинутого" уровня. Ответы даны верно, четко сформулированные особенности практических решений

Оценка: 4

Нижний порог выполнения задания в процентах: 60

Описание характеристики выполнения задания: Работа выполнена в рамках "базового" уровня. Большинство ответов даны верно. В части материала есть незначительные недостатки

Оценка: 3

Нижний порог выполнения задания в процентах: 50

Описание характеристики выполнения задания: Работа выполнена в рамках "порогового" уровня. Основная часть задания выполнена верно. на вопросы углубленного уровня

III. Правила выставления итоговой оценки по курсу

2 семестр

Форма промежуточной аттестации: Экзамен

Пример билета

1. Рентгеновский фотоэлектронный спектрометр. Рентгеновский источник. Монохроматор

2. Ионизация. Сечение ионизации

Задача. При анализе линии Nb3d было определено четыре пика. Положение пиков на оси ВЕ (энергия связи): 1) 202.2 эВ, 2) 203.3 эВ, 3) 204.9 эВ, 4) 206 эВ. Интенсивности пиков: 1) 300, 2) 600, 3) 200, 4) 400. Определите толщину оксидного слоя и формулу оксида. Средняя длина свободного неупругого пробега в оксиде ниобия равна 2.3 нм.

Процедура проведения

Экзамен проводится по билетам и предполагает ответ студента на поставленные вопросы. К началу зачета с оценкой преподаватель подготавливает следующие документы: - экзаменационные билеты; - наглядные пособия, материалы справочного характера, нормативные документы и образцы техники, разрешенные к использованию на экзамене;

I. Перечень компетенций/индикаторов и контрольных вопросов проверки результатов освоения дисциплины

1. Компетенция/Индикатор: ИД-5_{ПК-1} Знает методы определения параметров работы элементов энергетического оборудования и способен провести их оценку

Вопросы, задания

1.Рентгеновский фотоэлектронный спектрометр. Рентгеновский источник. Монохроматор

2.РФЭС. Фотоэлектронный спектр. Глубина анализа. Количественный анализ. Фактор элементной чувствительности.

3.Фотоэлектронные процессы. Энергия связи. Работа выхода

4.Фотоэлектронные процессы. Спин-орбитальное взаимодействие. Обозначения пиков.

5.РФЭС. Зарядка мишени. Смещение ВЕ при зарядке мишени. Радиационные повреждения образцов.

6.Ионизация. Сечение ионизации

7.Неупругое сечение рассеяния заряженных частиц. Интегральные характеристики неупругого рассеяния

8. Упругое сечение рассеяния заряженных частиц. Индикатриса рассеяния. Однократное альbedo. Транспортное сечение
9. Сечения рассеяния. Сечение Резерфорда. Связь между потенциалами и сечениями рассеяния
10. Основы физики конденсированного состояния. Схема формирования энергетических зон. Зонная классификация твердых тел
11. Теоретическая интерпретация фотоэлектронных пиков. Сечение рождения фотоэлектрона
12. Состояние электрона в атоме. Квантовая статистика
13. РФЭС. Вычитание фона. Метод Ширли.
14. Столкновение двух частиц. Кинематика и динамика рассеяния
15. Получение профиля распределения по глубине с помощью РФЭС
16. Процессы, идущие при взаимодействии налетающих частиц с твердым телом
17. РФЭС с угловым разрешением. Сканирующая РФЭС
18. Потери энергии на возбуждение плазменных колебаний. Плазмоны
19. Электронная Оже-спектроскопия. Оже-спектрометр
20. Источники рентгеновского излучения
21. Электронные Оже-процессы. Переход Костера-Кронига. Энергия Оже электронов
22. Генератор высокого напряжения. Умножитель Кокрофта-Уолтона
23. Электронные Оже-процессы. Энергия Оже электронов. Соотношение выхода рентгеновской флуоресценции и электронной оже эмиссии
24. Схема устройства электронной пушки
25. Оже-спектр. Фактор элементной чувствительности. Форма Оже-электронных спектров.
26. Полевая электронная эмиссия. Электронная пушка с полевой эмиссией
27. Оже-спектр. Глубина анализа. Количественный анализ
28. Термоэлектронная эмиссия. Электронная пушка с термоэлектронной эмиссией
29. Оже-спектр. Глубина анализа. Фазовый анализ
30. Масс-спектрометры. Системы разделения ионов. Квадрупольный анализатор
31. При анализе линии Nb3d было определено четыре пика. Положение пиков на оси BE (энергия связи): 1) 202.2 эВ, 2) 203.3 эВ, 3) 204.9 эВ, 4) 206 эВ. Интенсивности пиков: 1) 300, 2) 600, 3) 200, 4) 400. Определите толщину оксидного слоя и формулу оксида. Средняя длина свободного неупругого пробега в оксиде ниобия равна 2.3 нм.
32. При анализе спектра были обнаружены пики: 1) C 1s, 2) Nb 3d, 3) Nb 4p, 4) O 1s. Интенсивности пиков соответственно равны: 1) 400, 2) 1270, 3) 180, 4) 905. Определите относительную концентрацию элементов и степени окисления ниобия. Максимальная степень окисления Nb +5, степень окисления кислорода -2. Факторы чувствительности равны: 1) C1s - 1.00000, 2) O1s - 2.92987, 3) Nb4p - 1.16473, 4) Nb3d - 8.21042.

Материалы для проверки остаточных знаний

1. Каковы пределы классического описания рассеяния заряженных частиц в твердом теле?
2. Чем отличаются спектроскопии обратного резерфордовского рассеяния пиков упругорассеянных электронов и пиков упруго рассеянных электронов?
3. Какие потенциалы взаимодействия вы знаете?
4. В чем состоят постулаты Бора?
5. Какими квантовыми числами описывается состояние электрона в атоме?
6. Чем отличается статистика Бозе-Эйнштейна от статистики Ферми-Дирака?
7. Какие виды связей атомов и молекул в конденсированных средах вы знаете?
8. На чем основана зонная классификация твердых тел?

9. В чём заключается упругое и неупругое взаимодействие заряженных частиц с твердым телом?
10. Что такое сечение рассеяния?
11. Что такое транспортное сечение?
12. Какие индикатрисы рассеяния вы знаете?
13. Каково определение тормозной способности вещества?
14. Каково определение полного пробега?
15. Что такое Моте-Карловское моделирование (МК)?
16. Что такое одночастичная функция распределения?
17. Какие модели частиц вы знаете?
18. Какие схемы интегрирования уравнений Ньютона вы знаете?
19. Чем отличается скоростная модификация Верле от обычной схемы Верле?
20. Какие критерии помогают выбирать схемы интегрирования?
21. Каким образом определяется порядок точности схемы интегрирования?
22. Для каких схем интегрирования можно получить устойчивое решение уравнения гармонического осциллятора?
23. Каким образом можно задать начальные условия в МД?
24. Для каких целей проводится процедура обезразмеривания уравнения Ньютона?

II. Описание шкалы оценивания

Оценка: 5

Нижний порог выполнения задания в процентах: 70

Описание характеристики выполнения знания: Работа выполнена в рамках "продвинутого" уровня. Ответы даны верно, четко сформулированные особенности практических решений

Оценка: 4

Нижний порог выполнения задания в процентах: 60

Описание характеристики выполнения знания: Работа выполнена в рамках "базового" уровня. Большинство ответов даны верно. В части материала есть незначительные недостатки

Оценка: 3

Нижний порог выполнения задания в процентах: 50

Описание характеристики выполнения знания: Работа выполнена в рамках "порогового" уровня. Основная часть задания выполнена верно. на вопросы углубленного уровня

III. Правила выставления итоговой оценки по курсу